



Sinergo Spa - via Ca' Bembo 152 - 30030 - Maerne di Martellago - Venezia - Italy  
tel 041.3642511 - fax 041.640481 - sinergospa.com - info@sinergospa.com

<b>oggetto</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> AMMODERNAMENTO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE TRATTO URBANO A57 TANGENZIALE DI MESTRE (VE)			<b>commessa</b> <b>3694</b>  direttore tecnico ing. arch. A. Checchin		
<b>committente</b> CAV Concessioni Autostradali Venete S.p.A.			codice P324		
<b>elaborato</b> RELAZIONE TECNICA STRUTTURE			<b>codice elaborato</b> <b>01.04</b>		
<b>progettista</b> ing. M. Ceroni			file 3694-02_A_01.04_REL_r00		
0	15-04-2013	prima stesura	ing. S. Muffato	ing. S. Muffato	ing. arch. A.Checchin
rev	data	descrizione revisione	redatto	verificato	approvato



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>2. STATO DI FATTO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Descrizione dello stato rilevato .....	5
2.2. Estratto del capitolato originale della fornitura dei pali e della catenaria .....	9
<b>3. STATO DI PROGETTO</b> .....	<b>11</b>
3.1. Analisi strutturale della Catenaria .....	11
3.1.1. Campata tipo "A" 25.2 - 25.7 m .....	12
3.1.2. Campata tipo "B" 38.9-43 m .....	13
3.1.3. Campata tipo "C" 45.9-48 m .....	15
3.1.4. Campata tipo "D" 48.7-52,3 m .....	16
3.1.5. Campata tipo "E" 52.8-57,7 m .....	17
3.1.6. Campata tipo "F" 58.8-61.3 m .....	17
3.1.1. Campata tipo "G" 62.8-68.5 m .....	20
3.2. Verifica del palo .....	22
3.2.1. Verifica del palo: fase di montaggio.....	23
3.2.2. Verifica del palo: fase di esercizio .....	24



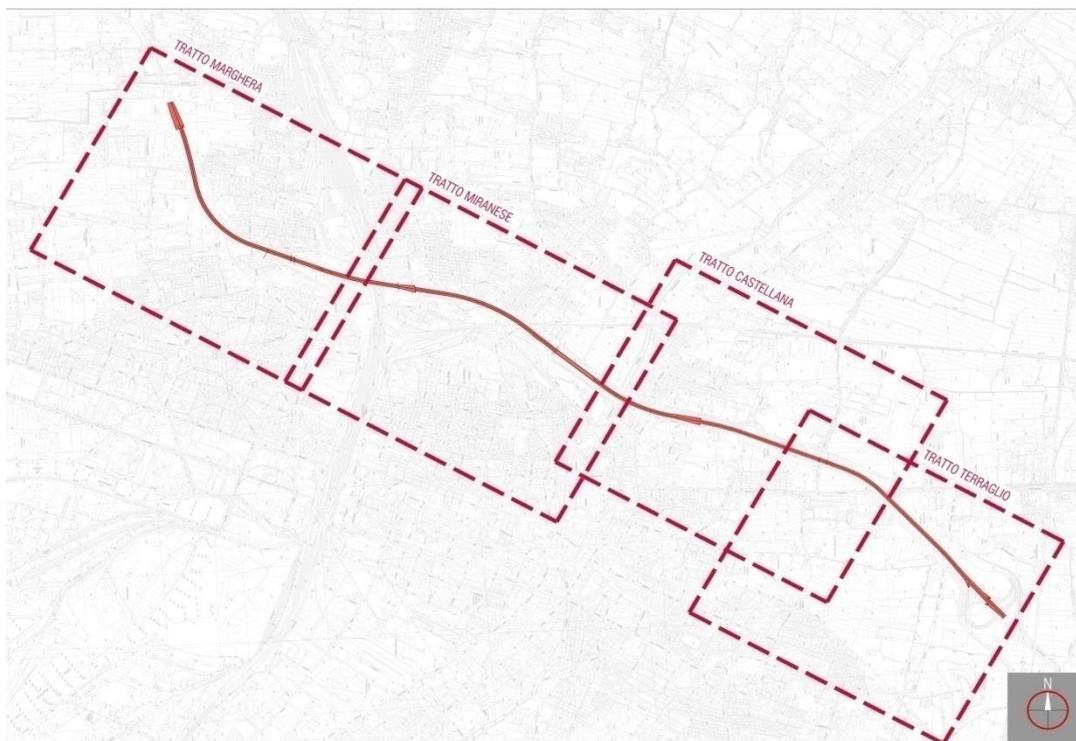
## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra le verifiche degli elementi strutturali (pali, catenaria) costituenti l'impianto di illuminazione dell'A57 (detta anche tangenziale di Mestre) in concessione a CAV (Concessioni Autostradali Venete S.p.A.). Il tratto in oggetto è compreso dal sostegno d'illuminazione n°1 della catenaria esistente nei pressi del casello dell'A4 (barriera Venezia Est) fino allo svincolo "Mestre, Via Terraglio" (sostegno n°116).

## 2. STATO DI FATTO

### 2.1. Descrizione dello stato rilevato

L'area di intervento dell'intero progetto è suddivisa per comodità in quattro zone, denominate come le rotonde attraversate: "rotonda Marghera", "rotonda Miranese", "rotonda Castellana" e "rotonda Terraglio".



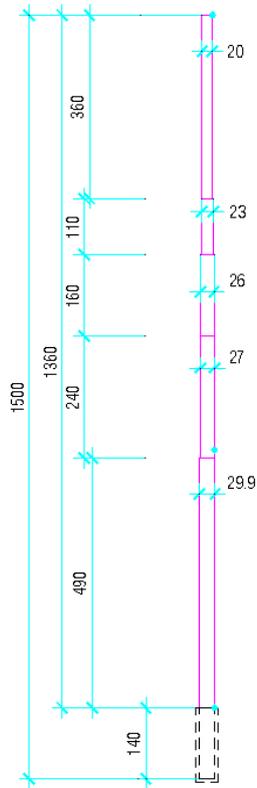
Strutturalmente l'impianto si compone di 116 pali di acciaio tipo Dalmine, rastremati, che sostengono la catenaria su cui sono agganciate attualmente 501 corpi illuminanti.

I pali in acciaio sono lunghi 15,00 metri (come da capitolato di fornitura di seguito allegato) e sporgono dal piano viario di 13,60 m.

Il loro diametro alla base è  $\phi$  298 mm mentre la sommità, rastremata, ha un diametro di 160 mm.

Eccetto il palo di testa, palo n 1 (che risulta rinforzato), le caratteristiche dimensionali rilevate dei rimanenti pali (palo tipo 2) corrispondono alle prescrizioni del capitolato di appalto iniziale (allegate alla presente relazione).

Le dimensioni e la tipologia dei pali sono riportate nelle seguenti figure.

PARTICOLARE INDICATIVO  
PALO TIPO 1

 PARTICOLARE INDICATIVO  
PALO TIPO 2


Dal punto di vista manutentivo, dai rilievi fatti non sono emersi particolari forme di degrado: i pali sono pressoché integri e non denunciano particolari attacchi da ruggine se non in alcuni punti molto localizzati alla base (vedasi foto).



Per quanto riguarda l'incastro alla base si possono individuare sostanzialmente 4 tipologie di aggancio, diverse a seconda che il palo sia su rilevato (quindi innestato in pozzetto prefabbricato), oppure su viadotto, in cui il vincolo è costituito da profili di acciaio piuttosto articolati che sostengono un tubo flangiato su cui si innesta il palo.



Foto di due diverse tipologie di aggancio dei pali su viadotto

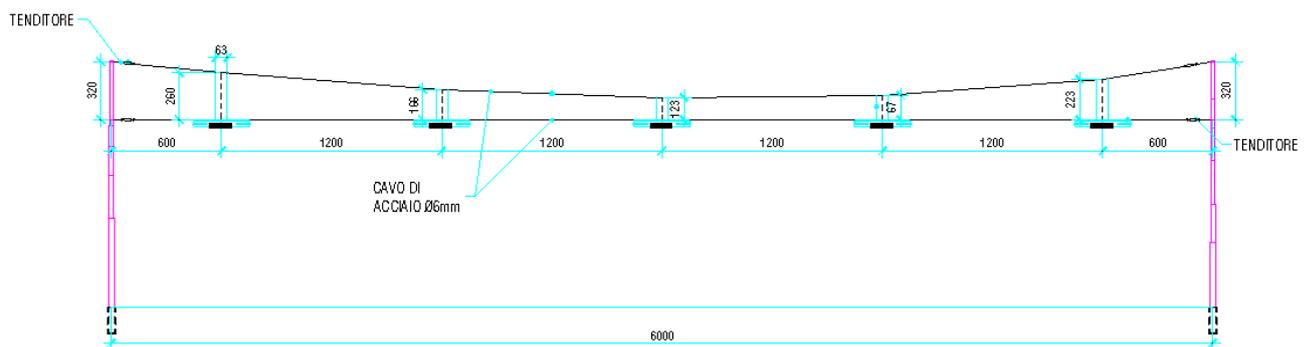
Strutturalmente, comunque, il grado di vincolo fornito dai vari dispositivi è sufficiente a definirlo come “Incastro” .

Le dimensioni sono adeguate alle sollecitazioni che devono sopportare, e anche il grado di manutenzione di questi “Agganci” è discreto .

Non altrettanto però si può dire dei supporti, ossia i pulvini in c.a. che denotano dei gravi segni di degrado, con la ruggine che ha interessato i ferri di armatura superficiale producendo un distacco del copriferro e la messa a nudo dei ferri di armatura, come si vede dalle soprastanti foto.

Per quanto riguarda la catenaria, questa è costituita da due funi in acciaio armonico Inox AISI 316 da 6 mm che collegano tra loro tutti i 116 pali per una lunghezza di 6097 m .

Il campo tipo è di seguito rappresentato.



La catenaria, anche se strutturalmente correttamente dimensionata, presenta tutti i segni del tempo, con un degrado modesto per le funi correnti, e più marcato invece per i tenditori e per le funi verticali ( $\phi$  3/4 mm) (funi di collegamento e di sostegno delle lampade) tanto che in molti punti, queste sono irrimediabilmente danneggiate (vedasi foto sottostante).



## 2.2. Estratto del capitolato originale della fornitura dei pali e della catenaria

- CONCESSIONARIA -  LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA TANGENZIALE OVEST DI MESTRE  OPERE IN DIRETTA AMMINISTRAZIONE  <hr/> APPALTO FORNITURE E LAVORI PER LA COSTRUZIONE DELL' IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DELLE NUOVE OPERE  <u>FOGLIO DELLE CONDIZIONI</u> per l'illuminazione della piattaforma autostradale da progr.0+000 a 6+240  <u>Art. 1 - Oggetto dell'appalto -</u> L'appalto ha per oggetto le forniture e la vori occorrenti per dare completo e funzionante l'im pianto d'illuminazione della piattaforma autostrada- le da progr.0+000 a progr.6+240 escluse le sole ope re murarie e gli ancoraggi - <u>Art. 2 - Importo dell'appalto -</u> L'ammontare dell'appalto è previsto in L. <u>195.000.000.- (centonovantacinquemilioni)</u>  e potrà variare in più o in meno entro il quinto di esso senza che la Ditta possa pretendere indennizzo alcuno oltre al pagamento delle opere effettivamen- te eseguite - <u>Art. 3 - Descrizione delle opere e forniture oggetto</u> <u>dell'appalto -</u> La Ditta appaltatrice dovrà provvedere al- la fornitura in opera di : a) - pali tubolari Dalmine di acciaio a stelo unico	2° 3° 4°
--	----------------

di tipo rastremato esecuzione normale a 5 rastremature, aventi le seguenti dimensioni :  
 diametro base mm.298.5, spessore = mm.5.9  
 lunghezza totale = mm.15.000, zincati internamente ed esternamente con procedimento elettrolitico, che garantisce una inalterabilità ventennale della zincatura, completi di asole per passaggio cavi, occhielli di ammarro della catenaria, bullone per la messa a terra, n.118 installati conforme la disposizione indicata nelle tre planimetrie in scala 1/1000 allegate -

f) - fune in acciaio inossidabile - AISI 316 - 150 + 170 Kg./mm<sup>2</sup>, formazione 49 fili,

Ø mm.6                    m.15.000

Ø mm.2                    m. 2.500

per la realizzazione della catenaria -

g) - fune in acciaio inossidabile - AISI 316 - 150 + 170 Kg./mm<sup>2</sup>, formazione 19 fili,

Ø mm.6                    m. 3.200

per supporti dei cavi elettrici nel tratto in viadotto -

h) - accessori in acciaio inossidabile 18/8 per tesatura e fissaggio delle funi di cui ai punti f) g), quali occhielli, distanziali, morsetti di fissaggio, redance, tenditori ecc.

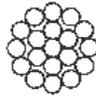
### 3. STATO DI PROGETTO

#### 3.1. Analisi strutturale della Catenaria

A fronte di una analisi costi benefici dei possibili interventi di sostituzione/realizzo ex novo dell'impianto di illuminazione, che prevedevano l'eliminazione della catenaria e innesto in testa-palo di una cuffia alta dai 50 cm ai 150 cm con sbraccio portalampane, alla fine si è optato per la soluzione che prevede di riproporre lo schema strutturale della funicolare, analogamente all'esistente.

La fune in acciaio Inox AISI 316 dovrà avere le seguenti caratteristiche:

**1x19 (spiroidale) . 1x19 (spiral)**



FUNNE WIRE ROPE	CAR. ROTT. B. LOAD	PESO WEIGHT
mm 1,0	Min. Kg 99	Kg 0,49 mt 100
1,5	190	1,11
2	337	1,98
3	757	4,46
4	1.350	7,93
5	2.100	12,4
6	3.030	17,8
7	3.850	24,3
8	5.040	31,7
10	7.870	49,5
12	10.600	71,3
14	13.400	97,1
16	17.940	127
19	23.751	176
22	30.479	236
26	42.405	330

← Pendini

← Funi correnti

Il suo carico ammissibile è pari a 1/5 del carico di rottura ossia :

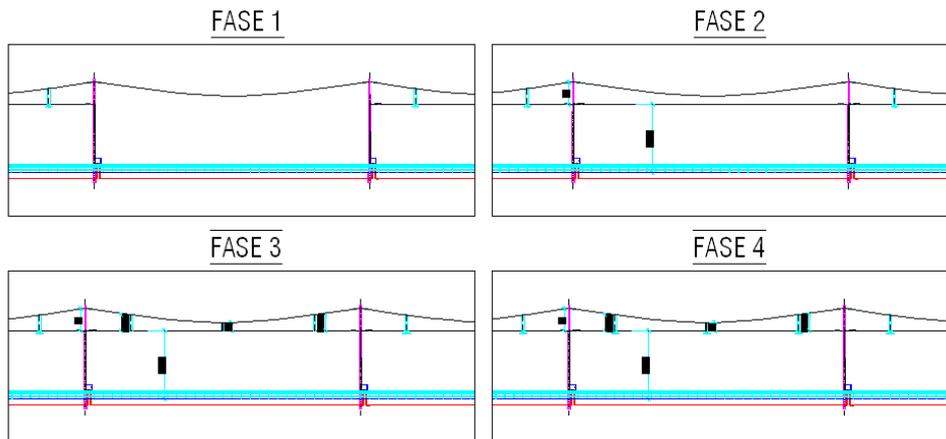
Fune  $\phi$  6 = 600 daN

Fune  $\phi$  4 = 270 daN

e il modulo di elasticità è pari a  $0,6 E = 1.230.000$

Il montaggio della stessa avverrà secondo il seguente schema :

- Fase 1 - Montaggio secondo una configurazione di seguito riportata della fune portante superiore:
- Fase 2 - Montaggio e tesatura della traente inferiore
- Fase 3 - Montaggio dei pendini di collegamento previa loro leggera tesatura
- Fase 4 - Montaggio lampade e cavi.



La verifica per le varie tipologie di campata sono:

### 3.1.1. Campata tipo "A" 25.2 - 25.7 m

L media campata = 25.5 m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 2 lampade.

Vento sulle lampade  $120 \text{ daN/mq} \times (0.15 \times 1.00) = 20 \text{ daN}$

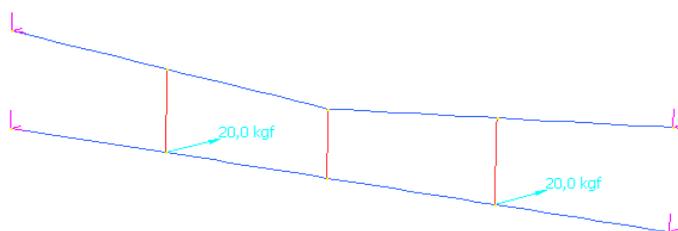
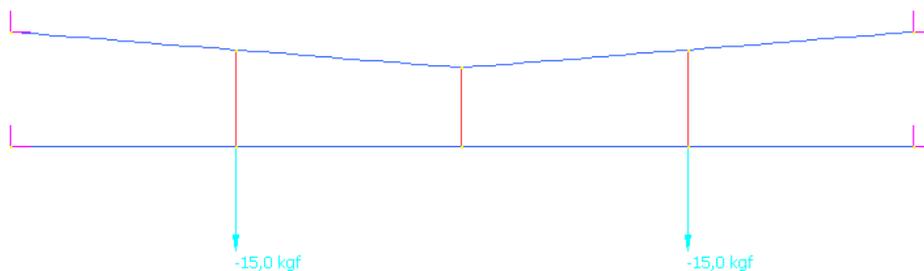
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  (equivalente a  $\Delta L = 0.90 \text{ cm}$ )

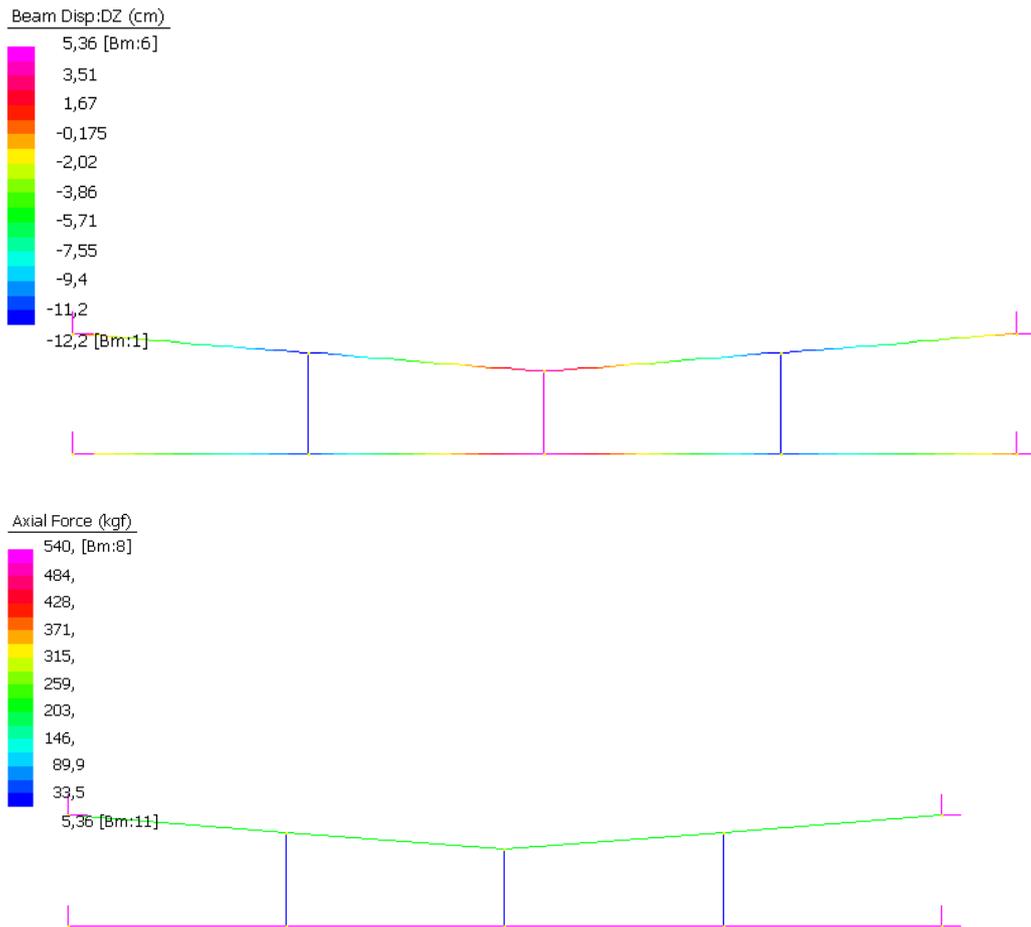
Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore) = 100 cm (220 tra inf e sup)

Pretensione fune inferiore 1+1 cm

Pretensione fune superiore 1+1 cm

Pretensione pendini =,5+,5 cm





**F max = 540 daN < 606 daN**

### 3.1.2. Campata tipo "B" 38.9-43 m

L media campata = 41.0 m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 3 lampade.

Vento sulle lampade 120 daN/mq x (0.15 X 1.00) = 20 daN

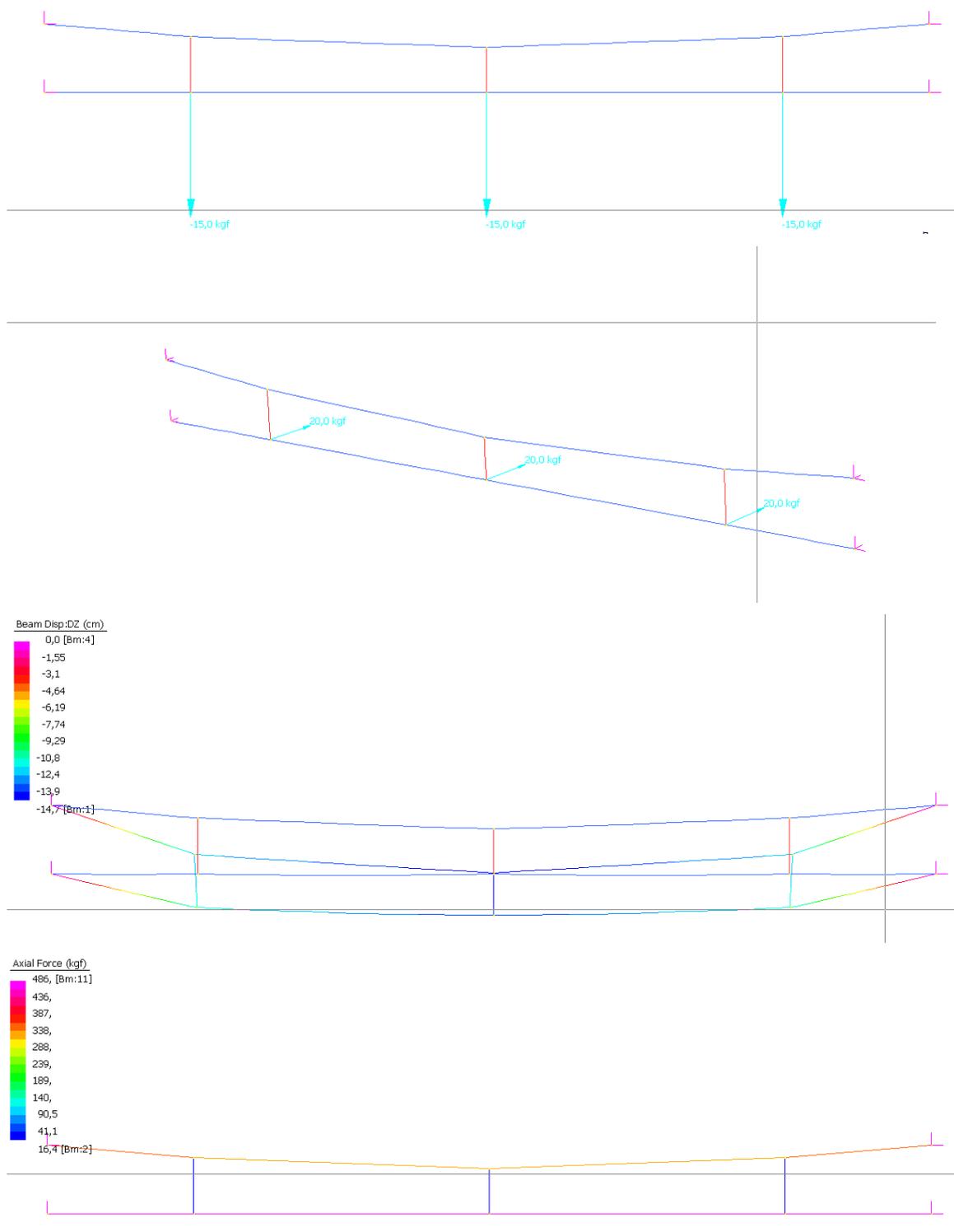
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  (equivalente a  $\Delta L = 1.40$  cm)

Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore) = 110 cm (210 tra inf e sup)

Pretensione fune inferiore 1+1 cm

Pretensione fune superiore 1+1 cm

Pretensione pendini =,5+,5 cm



**F max = 486 daN < 606 daN**

### 3.1.3. Campata tipo "C" 45.9-48 m

L media campata = 47 m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 3 lampade.

Vento sulle lampade 120 daN/mq x (0.15 X1.00)= 20 daN

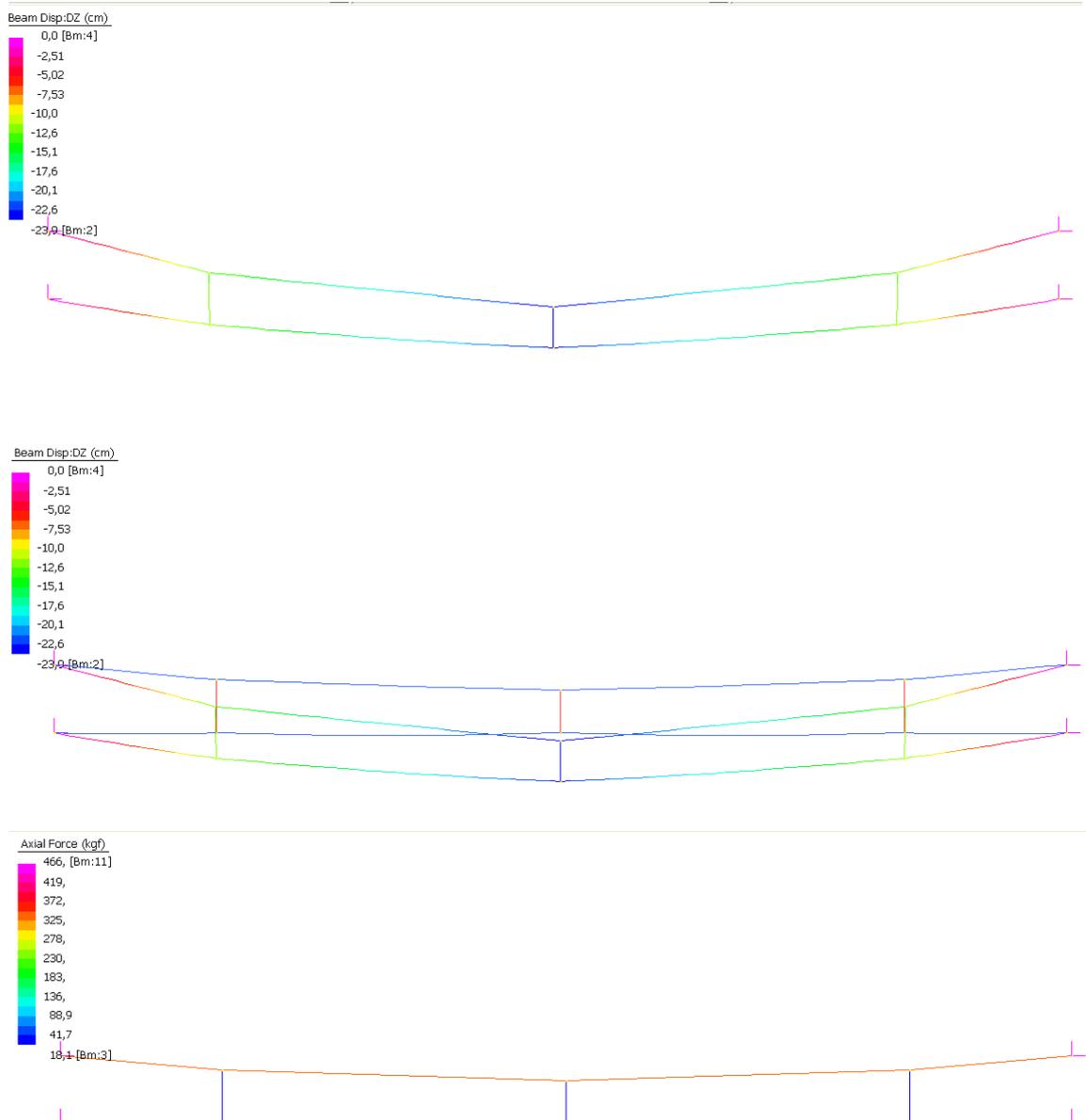
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  (equivalente a  $\Delta L = 1.70$  cm)

Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore)= 120 cm (200 tra inf e sup)

Pretensione fune inferiore = 1+1cm

Pretensione fune superiore = 1+1 cm

Pretensione pendini =,5+,5 cm



**F max = 466 daN < 606 daN**

### 3.1.4. Campata tipo "D" 48.7-52,3 m

L media campata = 50.5 m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 3 lampade.

Vento sulle lampade  $120 \text{ daN/mq} \times (0.15 \times 1.00) = 20 \text{ daN}$

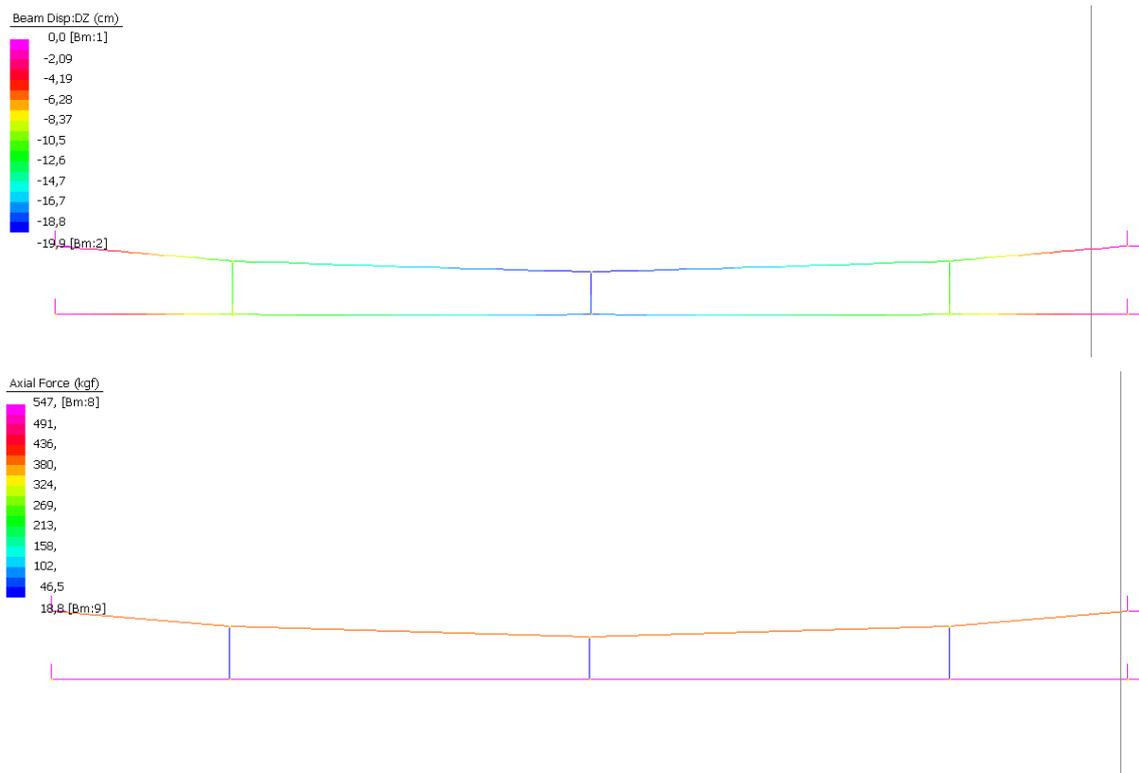
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  (equivalente a  $\Delta L = 1.70 \text{ cm}$ )

Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore) = 120 cm (200 tra inf e sup)

Pretensione fune inferiore = 2+2 cm

Pretensione fune superiore = 2+2 cm

Pretensione pendini = 1+1 cm



**F max = 547 daN < 606 daN**

### 3.1.5. Campata tipo "E" 52.8-57,7 m

L media campata = 55.3 m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 3 lampade.

Vento sulle lampade  $120 \text{ daN/mq} \times (0.15 \times 1.00) = 20 \text{ daN}$

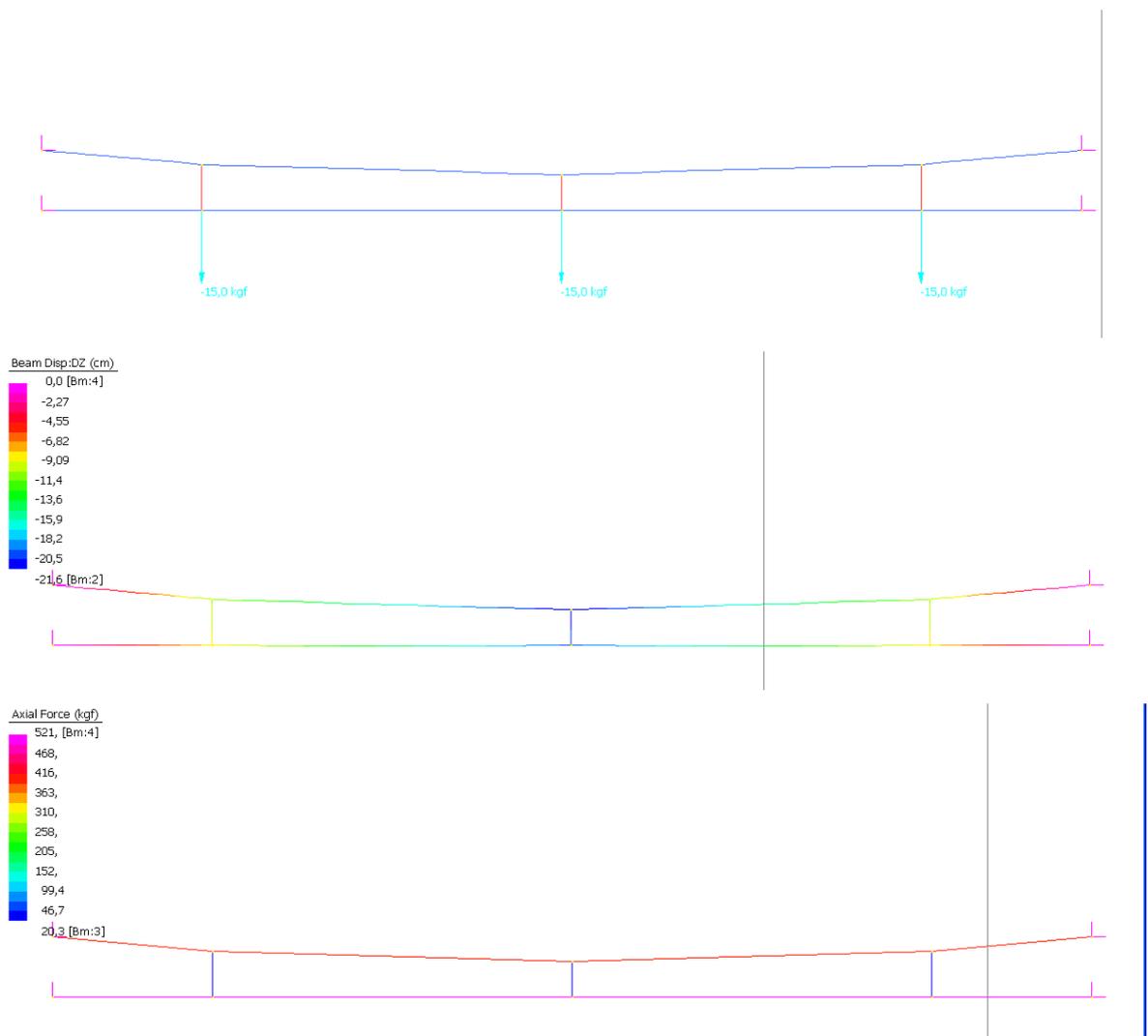
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  (equivalente a  $\Delta L = 1.90 \text{ cm}$ )

Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore) = 130 cm (190 tra inf e sup)

Pretensione fune inferiore = 2+2 cm

Pretensione fune superiore = 2+2 cm

Pretensione pendini = 1+1 cm



**F max = 521 daN < 606 daN**

### 3.1.6. Campata tipo "F" 58.8-61.3 m

L media campata = 60.0. m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 3 lampade.

Vento sulle lampade  $120 \text{ daN/mq} \times (0.15 \times 1.00) = 20 \text{ daN}$

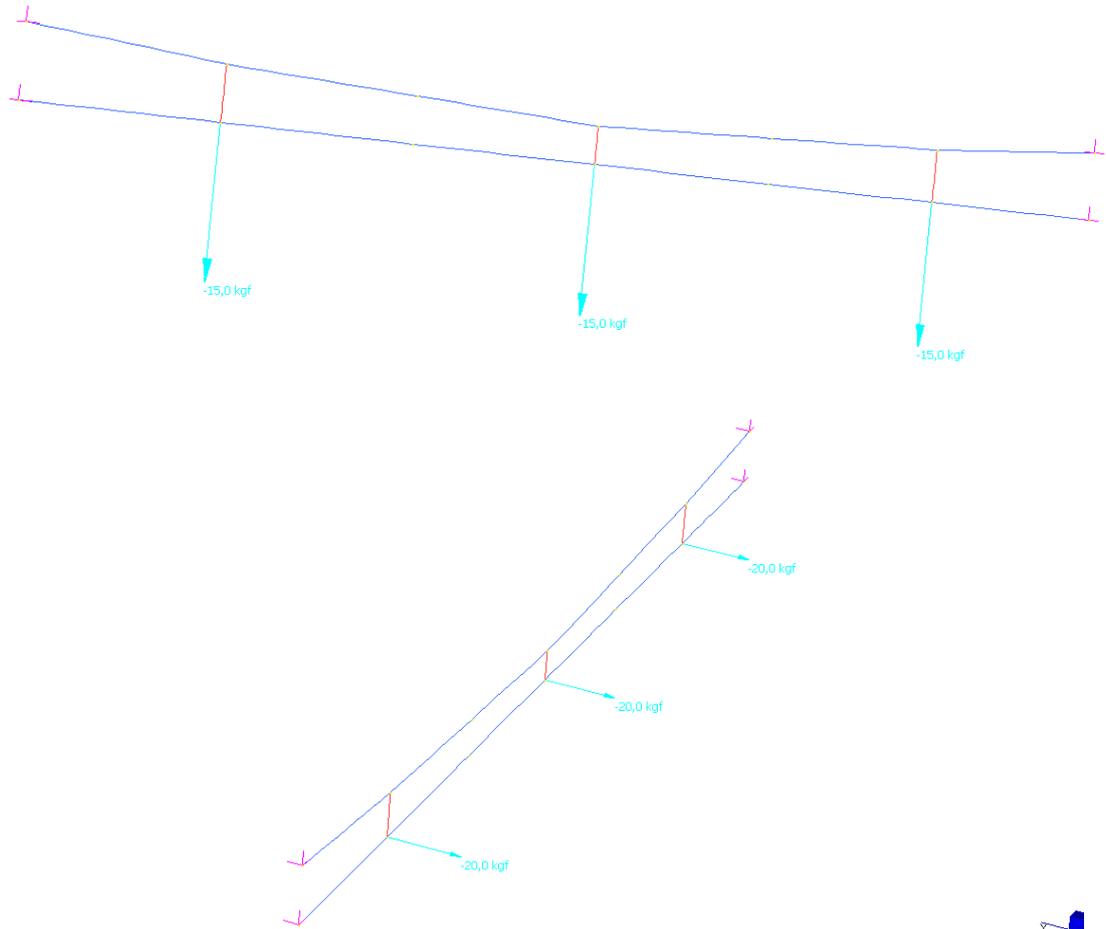
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  (equivalente a  $\Delta L = 2.1$  cm)

Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore)= 150 cm (170 tra inf e sup)

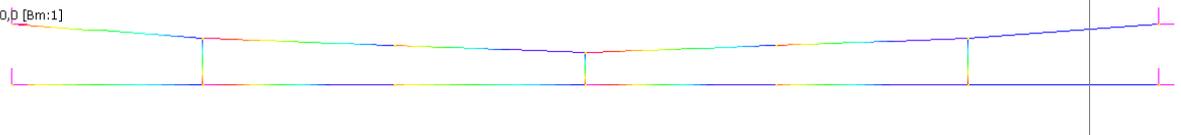
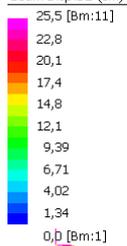
Pretensione fune inferiore = 2+2 cm

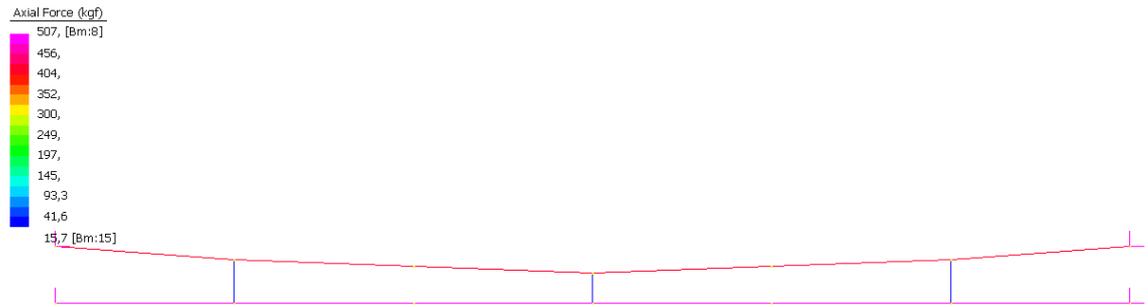
Pretensione fune superiore = 2+2 cm

Pretensione pendini =1+1 cm



Beam Disp.DZ (cm)





**F max = 507 daN < 606 daN**

### 3.1.1. Campata tipo "G" 62.8-68.5 m

L media campata = 65. m

Peso ciascuna lampada 15 daN x 4 lampade.

Vento sulle lampade  $120 \text{ daN/mq} \times (0.15 \times 1.00) = 20 \text{ daN}$

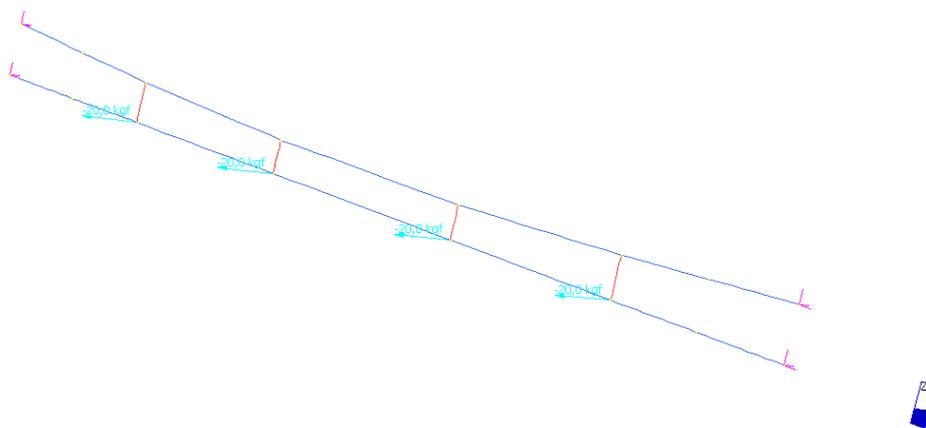
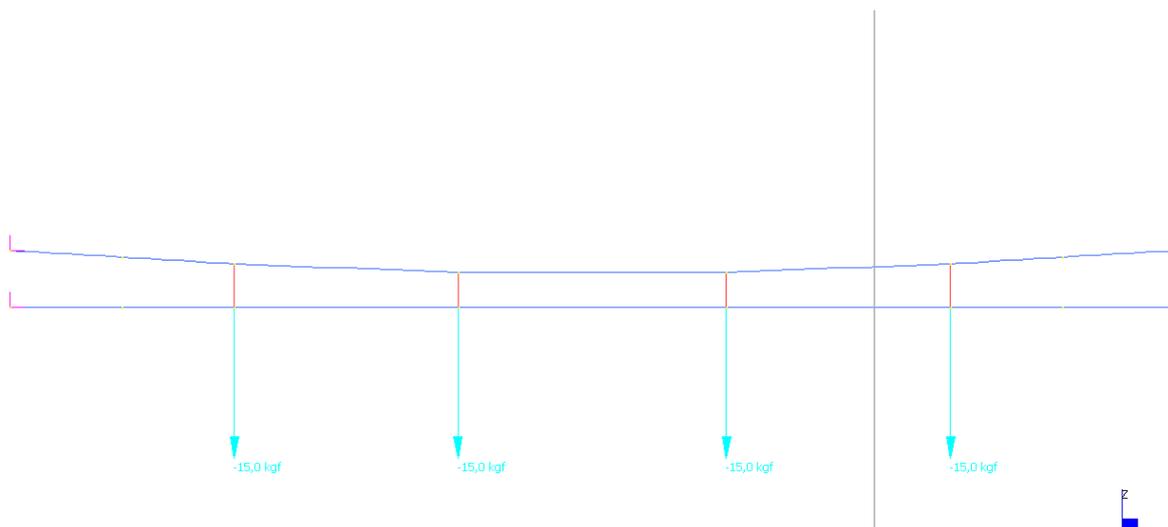
Effetto termico  $\Delta t = 30^\circ$  ((equivalente a  $\Delta L = 2.2 \text{ cm}$ )

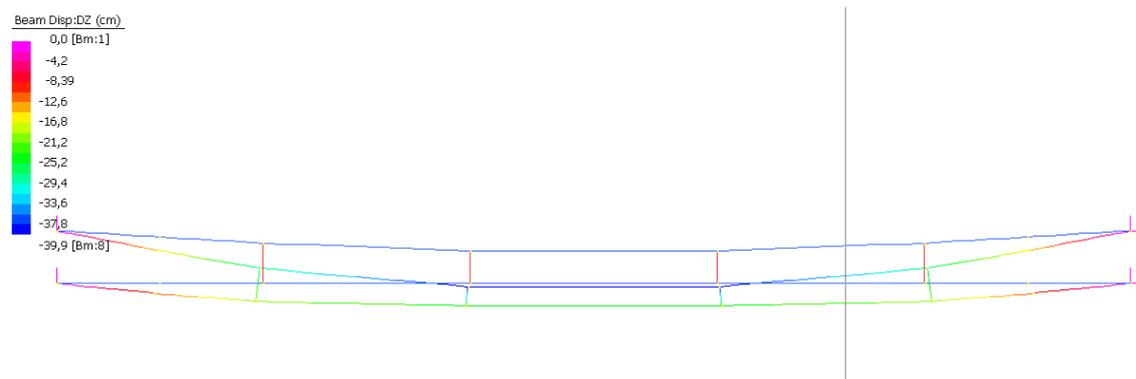
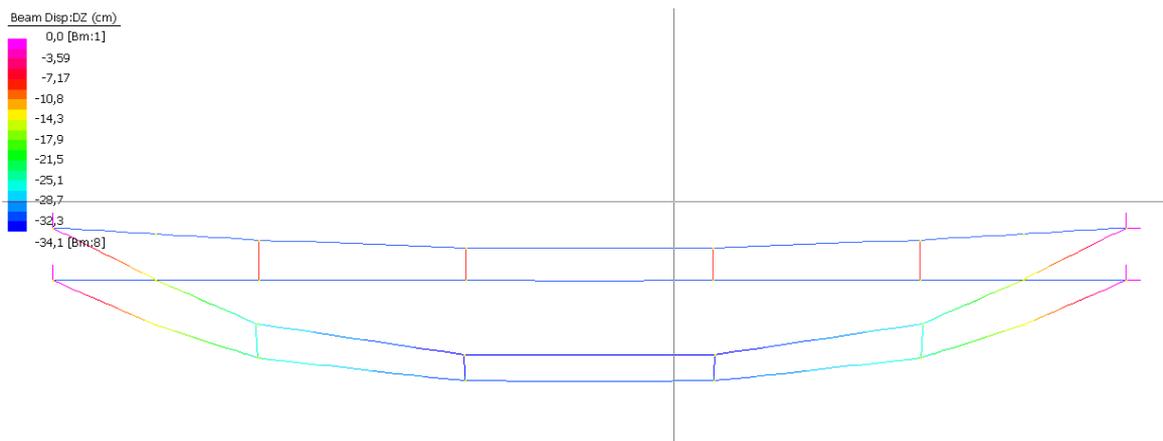
Freccia imposta al centro per la fune portante (superiore)= 120 (200 tra inf e sup)

Pretensione fune inferiore = 2+2 cm

Pretensione fune superiore = 2+2 cm

Pretensione pendini = 1+1 cm





**F max = 574 daN < 606 daN**

### 3.2. Verifica del palo

Il palo tipo, è lungo 15.00 m e sporge dal piano viario di 13,60 m. Il suo diametro alla base è  $\phi$  298 mm, mentre la sommità rastremata ha un diametro di 160 mm.

Per la verifica si assume che il palo sia come una mensola con un vincolo di incastro alla base. Lo spessore della sezione tubolare si assume costante è pari a 5,9 mm (come da capitolato originale) anche se, da misure effettuate, è stato rilevato uno spessore leggermente superiore (8-10 mm) .

Non è noto il tipo di acciaio di cui è costituito per questo a favore della sicurezza si è considerato un acciaio Fe 360 con le seguenti caratteristiche :

- @ Rottura = 3600 daN/cm<sup>2</sup>
- @ Snervamento = 2400 daN/cm<sup>2</sup>
- @ Ammissibile = 1600 daN/cm<sup>2</sup> .

Le caratteristiche meccaniche del palo alle varie altezze sono :

H tronco	H totale	Diametro	Spessore	J	W
cm	cm	mm	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
210	210	160	5,9	849	106
160	370	175	5,9	1121	128
180	550	202	5,9	1748	173
240	790	235	5,9	2786	237
210	1000	264	5,9	3984	302
360	1360	299	5,9	5833	390

Il palo della campata tipo, generalmente, non è soggetto a forze orizzontali, dato che le trazioni indotte dai cavi della catenaria si annullano reciprocamente essendo presenti in modo simmetrico.

L'unico momento in cui tale situazione potrebbe verificarsi è quella di montaggio della fune .

Le sollecitazioni e le tensioni sul palo derivano dal considerare i seguenti carichi :

#### IN FASE DI MONTAGGIO

- Azione momentanea del tiro delle funi

#### IN ESERCIZIO

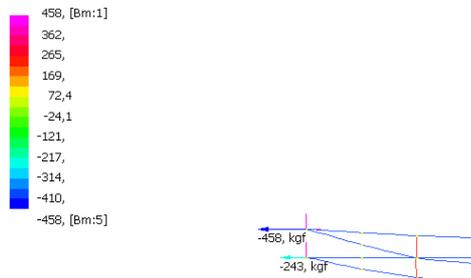
- Il peso della catenaria con le lampade
- la presenza del vento sul palo
- la spinta del vento sulle lampade
- l'azione del tiro della catenaria in relazione all'angolo di deviazione (max 10°)

I corrispondenti valori sono analizzati nel seguito.

### 3.2.1. Verifica del palo: fase di montaggio

#### CC 0 Azioni in fase di montaggio

I tiri corrispondenti valori per la portante e altrettanti per la traente (inferiore) :



I valori di sollecitazione alla base del palo risultano:

$$M = 458 \cdot 13.60 + 243 \cdot 10.40 = 834800 \text{ daN/cm}$$

Considerando a favore della sicurezza che lo spessore del palo sia di 5,9 mm (in realtà le misure in sito hanno rilevato spessori maggiori da 8 a 10 mm) i valori delle tensioni risultano:

@ =  $834800/390 = 2140 \text{ daN/cm}^2 > 1600 \text{ daN/cm}^2$  ma ancora all'interno del limite di elasticità dato che il tasso di lavoro momentaneo è comunque inferiore al carico di snervamento di  $2400 \text{ daN/cm}^2$

Se consideriamo gli spessori rilevati (almeno 8 mm in sommità-e 10 mm alla base mm) il  $W$  del palo con  $s$  medio = 9 mm risulta :  $W=577 \text{ cm}^3$

e conseguentemente @ =  $834800/577 = 1446 \text{ daN/cm}^2 < 1600 \text{ daN/cm}^2$

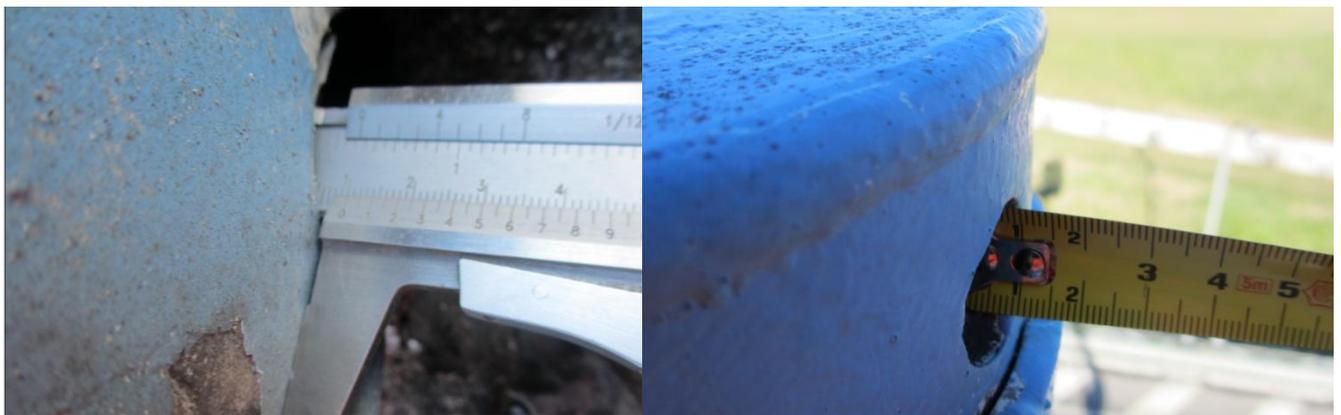


Foto del rilievo dello spessore alla base e in sommità del palo

### 3.2.2. Verifica del palo: fase di esercizio

#### 1CC Peso della catenaria e delle lampade (per l = 68 m)

$P = 4 \text{ lamp} * 15 \text{ daN} + 0.20 \text{ daN/m} * 68 \text{ m} * 2 = 87 \text{ daN}$  arrotondato a **90 daN**

#### 2CC Azione diretta del vento sul palo:

Per i corpi cilindrici

Zona vento = 1

( $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ ;  $A_o = 1000 \text{ m}$ ;  $K_a = 0,010 \text{ 1/s}$ )

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Categoria esposizione: tipo II

( $K_r = 0,19$ ;  $Z_o = 0,05 \text{ m}$ ;  $Z_{min} = 4 \text{ m}$ )

Velocità di riferimento = 25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento ( $q_b$ ) = 39 daN/mq

Coefficiente aerodinamico di forma ( $C_f$ ) = 1,20

Coefficiente dinamico ( $C_d$ ) = 1,00

Altezza del corpo = 13,60 m

$d = \text{diam medio palo} = 230 \text{ mm}$

Pressione del vento ( $P = q d C_f C_d$ ) =  $98 \text{ daN/mq} * 0.23 * 1.2 * 1 = 27.60 \text{ daN/m}$  arrotondato a **30 daN/m**

#### 3CC Azione vento indiretta sul palo dovuta alla presenza delle lampade:

Considerando che una lampada abbia un ingombro di 20x80 cm: la spinta del vento sul queste che si trasferisce al palo risulta :

$P = 120 \text{ daN/mq} * 0.80 * 0.20 = 19.2 \text{ daN}$  arr.to = **20 daN per lampada**

#### 4CC Azione orizzontale dovuta al tiro della catenaria e all'angolo di deviazione

Per il fatto che la tangenziale non è rettilinea l'angolo tra due catenarie consecutive può non essere di 180 ° .La massima deviazione è comunque contenuta in 8°.

Pertanto sempre per la luce maggiore il tiro massimo è :

A quota +1360 da terra  $R_8 \text{ max} = 513 * \text{sen}(8^\circ) = 71 \text{ daN}$

A quota +1040 da terra (-3.20 da precedente)  $R_7 \text{ max} = 573 * \text{sen}(8^\circ) = 79 \text{ daN}$

#### Geometria struttura

##### Coordinate nodali e vincoli fissi :

nodo	X	Y	Wx	Wy	Rz
1	0,0	0,0	1	1	0
2	0,0	140,0	1	0	0
3	0,0	500,0	0	0	0
4	0,0	710,0	0	0	0

5	0,0	950,0	0	0	0
6	0,0	1130,0	0	0	0
7	0,0	1290,0	0	0	0
8	0,0	1500,0	0	0	0

**Caratteristiche delle aste**
Pilastrata :

asta	nodo i	nodo j	lunghezza
1	1	2	140,0
2	2	3	360,0
3	3	4	210,0
4	4	5	240,0
5	5	6	180,0
6	6	7	160,0
7	7	8	210,0

asta	sezione	area	modulo J	modulo E
1	1	53,44	5647,082	2100000,0
2	1	53,44	5647,082	2100000,0
3	2	46,51	3723,611	2100000,0
4	3	41,77	2697,515	2100000,0
5	4	35,75	1692,101	2100000,0
6	5	30,83	1085,325	2100000,0
7	6	28,10	821,570	2100000,0

**Geometria delle sezioni**

Sezione 1 : diametro esterno =29,9 diametro interno =28,7  
 Sezione 2 : diametro esterno =26,1 diametro interno =24,9  
 Sezione 3 : diametro esterno =23,5 diametro interno =22,3  
 Sezione 4 : diametro esterno =20,2 diametro interno =19,0  
 Sezione 5 : diametro esterno =17,5 diametro interno =16,3  
 Sezione 6 : diametro esterno =16,0 diametro interno =14,8

**Carichi applicati alla struttura**
Peso proprio :

asta	carico lineare	peso asta
1	0,42	58,7
2	0,42	151,0
3	0,37	76,7
4	0,33	78,7
5	0,28	50,5
6	0,24	38,7
7	0,22	46,3

Peso totale struttura = 500,7

Carichi nodali :

descrizione	nodo	Fx	Fy	M
Dev	8	71,0	0,0	0,0
Dev	7	80,0	0,0	0,0

**Accidentale vento dovuto presenza aste**

Carichi nodali :

descrizione	nodo	Fx	Fy	M
	7	0,0	-80,0	0,0
	7	80,0	0,0	0,0

Carichi distribuiti :

descrizione	asta	qx iniz.	qx fin.	qy iniz.	qy fin.	riferim.
Vento	2	0,30	0,30	0,00	0,00	GG
Vento	3	0,30	0,30	0,00	0,00	GG
Vento	4	0,30	0,30	0,00	0,00	GG
Vento	5	0,30	0,30	0,00	0,00	GG
Vento	6	0,30	0,30	0,00	0,00	GG
Vento	7	0,30	0,30	0,00	0,00	GG

Combinazioni di carico :

combinazione	P.P.	Perm	Acc
solo perm	1,0000	1,0000	0,0000
Perm + acc	1,0000	1,0000	1,0000

asta	Mmax	X	comb.	Mmin	X	comb.
1	0,0	0,0	2	-558000,0	140,0	2
2	-134200,0	360,0	1	-558000,0	0,0	2
3	-102490,0	210,0	1	-347400,0	0,0	2
4	-66250,0	240,0	1	-242505,0	0,0	2
5	-39070,0	180,0	1	-138825,0	0,0	2
6	-14910,0	160,0	1	-72405,0	0,0	2
7	0,0	210,0	1	-21525,0	0,0	2

Pilastrata :

asta	Nmax	X	comb.	Nmin	X	comb.
1	-441,9	140,0	1	-580,7	0,0	2
2	-290,9	360,0	1	-521,9	0,0	2
3	-214,3	210,0	1	-370,9	0,0	2
4	-135,6	240,0	1	-294,3	0,0	2
5	-85,0	180,0	1	-215,6	0,0	2
6	-46,3	160,0	1	-165,0	0,0	2
7	0,0	210,0	2	-46,3	0,0	1

La verifica con N= -580 daN e M 558000 daNcm applicando le formule per un elemento snello porta a :

— per elementi snelli:

$$\sigma = \left| -\frac{\omega N}{A} \pm \frac{\bar{M}}{\left(1 - \frac{1,5 \cdot N}{\sigma_{CE} \cdot A}\right) W} \right| \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma = -10 \cdot 580/54 + 558000 / (1 - (1,5 \cdot 580/54 \cdot 616) \cdot 390) = 107 + 1475 = 1582 \text{ daN/cm}^2 < 1800 \text{ daN/cm}^2 = 1.125 \cdot 1600$$